

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ястребов Олег Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 29.05.2023 17:23:58  
Уникальный программный ключ:  
ca953a0120d891083f939673078ef1a989dae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»**

**Факультет физико-математических и естественных наук**

**Научно-образовательный институт физических исследований и технологий**

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Классическая и квантовая теория поля**

(наименование дисциплины/модуля)

**Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:**

**03.03.02 Физика**

(код и наименование направления подготовки/специальности)

**Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):**

**Физика**

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

**2023 г.**

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Курс предназначен для формирования у будущих физиков – теоретиков широких представлений о направлении развития современной теоретической физики. В первую очередь это касается таких научных направлений, как физика элементарных частиц и атомного ядра.

Содержание курса посвящено изложению фундаментальных сведений по методам квантовой теории поля в применении к задачам физики элементарных частиц. В курсе квантовой теории поля даются основные представления о методах описания элементарных частиц и их взаимодействий в области высоких энергий. Курс опирается на квантовую механику, релятивистскую механику и электродинамику. Предполагается знание основ теории групп.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Классическая и квантовая теория поля» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

*Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)*

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
ПК-2	Способен проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	ПК-2.1. Собирает и анализирует научно-техническую информацию по теме исследования, обобщает научные данные в соответствии с задачами исследования
		ПК-2.2. Владеет практическими навыками использования современных методов исследования в выбранной области

## 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Классическая и квантовая теория поля» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 ОП ВО.

В рамках ОП ВО обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Классическая и квантовая теория поля».

Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
ПК-2	Способен проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	Теория колебаний и волн Радиофизика Основы физики плазмы Основы физики СВЧ Введение в радиоэлектронику Радиоэлектроника	Преддипломная практика

\* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Классическая и квантовая теория поля» составляет **3** зачетных единицы.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения ОП ВО для **ОЧНОЙ** формы обучения

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр(-ы)			
		6	7		
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	<i>90</i>		<i>90</i>		<i>-</i>
Лекции (ЛК)					-
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-	-	-
Практические/семинарские занятия (СЗ)	90		90		-
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>					-
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	<i>18</i>		<i>18</i>	-	-
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	ак.ч.	<b>108</b>	<b>108</b>		-
	зач.ед.	<b>3</b>	<b>3</b>		-

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
Уравнение Дирака	Уравнение Дирака и свойства его решений, оператор Вигнера. Решение задачи Коши для уравнения Дирака. Структура наблюдаемых и канонический формализм для поля Дирака. Разложение по спинорному базису (каноническому и спиральному).	СЗ
Внутренние группы симметрии	Основные типы взаимодействий элементарных частиц. Трехчастичные взаимодействия Юкавы и четырехфермионные взаимодействия. Теорема переместительности Фирца. Кварки и лептоны, проблема поколений. Унитарные	СЗ
Принцип калибровочной симметрии	Локализация внутренних групп симметрии и векторные калибровочные поля. Теория Янга – Миллса. Кварки и глюоны как калибровочные партнеры, носители цвета в квантовой хромодинамике.	СЗ
«Наивный» подход к квантованию полей	Основные принципы квантовой механики систем с конечным числом степеней свободы. Правило квантования Дирака как соответствие «скобка Пуассона $\rightarrow$ коммутатор». Функциональный метод квантования бозонных полей (конфигурационное представление).	СЗ
Метод вторичного квантования	Метод вторичного квантования как обобщение задачи о гармоническом осцилляторе: поле как совокупность осцилляторов. Представление чисел заполнения. Пространство Гильберта для поля как бесконечное тензорное произведение пространств $L^2(\mathbb{R})$ , его несепарабельность.	СЗ
Элементы теории обобщенных функций	Плоские волны и необходимость рассмотрения ненормированных (топологических) функциональных пространств. Задание топологии с помощью счетной системы полунорм. Полные метризуемые локально выпуклые пространства (пространства Фреше) и их элементы – основные функции.	СЗ
Тензорное представление операторов в пространстве Фока	Пространство Фока как прямая сумма $n$ -частичных пространств. Элементарные операторы в пространстве Фока: оператор числа частиц, операторы тензорного умножения и свертки и операторы симметризации и антисимметризации.	СЗ
Общие принципы квантования полей	Правило квантования Дирака и необходимость его обобщения в теории поля. Динамический принцип Швингера – Фейнмана как квантовый принцип стационарного действия.	СЗ

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
	Отождествление канонических и унитарных преобразований, генераторами которых служат вариации квантового действия.	
Квантование скалярного поля	Структура решений однородного и неоднородного уравнений Клейна – Гордона – Фока. Функция Паули – Иордана и решение задачи Коши. Запаздывающая и причинная функции Грина.	СЗ
Квантование массивного векторного поля	Уравнения Прока как обобщение уравнений Максвелла, условие Лоренца. Решение задачи Коши для уравнений Прока. Фурье-представление решений и структура наблюдаемых: энергия, импульс, спин. Перестановочные соотношения для полей и фурье-амплитуд. Круговой (циклический) базис. Структура пропагатора.	СЗ
Квантование электромагнитного поля	Поперечность реальных фотонов и нековариантность кулоновской калибровки. Лагранжиан Ферми и независимое квантование 4-потенциалов. Противоречивость перестановочных соотношений и определения вакуума.	СЗ
Квантование спинорного поля	Лагранжиан и гамильтониан Дирака. Канонический формализм для уравнения Дирака. Разложение решения уравнения Дирака по базисным спинорам. Структура наблюдаемых и скалярного произведения. Антиперестановочные соотношения. Структура пропагатора.	СЗ
Матрица рассеяния в квантовой теории поля	Различные квантовые схемы (картины): Гейзенберга, Шредингера, Дирака (взаимодействия). Учет взаимодействия в представлении Гейзенберга, фермионные и бозонные квантовые токи. Уравнения Янга – Фельдмана для интерполирующих полей.	СЗ
Правила Фейнмана в квантовой электродинамике	Представление S-матрицы в виде функционального степенного ряда относительно функции включения взаимодействия. Теорема Вика для нормального и T- произведений.	СЗ
Учет радиационных поправок (теория возмущений)	Петлевые диаграммы и расходимости S-матрицы. Регуляризация причинных функций по Паули – Вилларсу. Учет размерных соображений и теорема Гейзенберга о ренормируемых и неренормируемых взаимодействиях.	СЗ

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
Метод полных функций Грина	Сильно- и слабо-связные графы, скелетные диаграммы и их суммирование по Дайсону. Полные функции Грина электрона и фотона и уравнения Дайсона. Спектральное представление Челлена – Лемана для полных функций Грина.	СЗ
Аксиоматическая теория S-матрицы	Теория рассеяния Хаага – Рюэля и требование асимптотической полноты. Редукционные формулы Лемана – Симанчика – Циммермана для элементов S-матрицы и схемы Боголюбова – Медведева – Поливанова и Вайтмана в аксиоматической локальной теории поля	СЗ

\* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – семинарские занятия.

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Семинарская	Аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Для самостоятельной работы обучающихся	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	

\* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Бояркин, О.М. Физика частиц - 2013: От электрона до бозона Хиггса. Квантовая теория свободных полей / О.М. Бояркин, Г.Г. Бояркина. - М.: Ленанд, 2018. - 296 с.
2. Бояркин, О.М. Физика частиц - 2013: Квантовая электродинамика и Стандартная модель / О.М. Бояркин, Г.Г. Бояркина. - М.: КД Либроком, 2016. - 440 с.
3. Воронов, В.К. Физика на переломе тысячелетий: Физика самоорганизующихся и упорядоченных систем. Новые объекты атомной и ядерной физики. Квантовая информация / В.К. Воронов, А.В. Подоплелов. - М.: КомКнига, 2014. - 512 с.
4. Гриббин, Дж. В поисках кота Шредингера. Квантовая физика и реальность / Дж. Гриббин. - М.: Рипол-классик, 2019. - 352 с.

*Дополнительная литература:*

1. Боголюбов Н.Н., Ширков Д.В. Введение в теорию квантованных полей. М.: Наука, 1973. 416 с.
2. Дж.Д. Бьёркен, С.Д. Дрелл. Релятивистская квантовая теория поля. Т. 1, 2. М.: Наука, 1978. 296 с., 408 с.
3. К. Ициксон, Ж.-Б. Зюбер. Квантовая теория поля. Т. 1, 2. М.: Мир, 1984. 448 с., 400 с.
4. С. Швебер. Введение в релятивистскую квантовую теорию поля. М.: ИЛ, 1963. 842 с.
5. А.И. Ахиезер, В.Б. Берестецкий. Квантовая электродинамика. М.: «Наука», 1969. 624 с.

*Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:*

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров:

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН <http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>
- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>
- ЭБС «Консультант студента» [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru)
- ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС «Троицкий мост»

2. Базы данных и поисковые системы:

- электронный фонд правовой и нормативно-технической документации <http://docs.cntd.ru/>
- поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>
- поисковая система Google <https://www.google.ru/>
- реферативная база данных SCOPUS <http://www.elsevierscience.ru/products/scopus/>

*Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля\*:*

.\*

- все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**

## **8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Оценочные материалы и балльно-рейтинговая система\* оценивания уровня сформированности компетенций (части компетенций) по итогам освоения дисциплины «Классическая и квантовая теория поля» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

\* - ОМ и БРС формируются на основании требований соответствующего локального нормативного акта РУДН.

### **РАЗРАБОТЧИКИ:**

**Профессор, ИФИТ**

Должность, БУП



Подпись

**Рыбаков Ю.П.**

Фамилия И.О.

### **РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:**

**Директор ИФИТ**

Наименование БУП



**Лоза О.Т.**

Фамилия И.О.

### **РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:**

**Директор ИФИТ**

Должность, БУП



Подпись

**Лоза О.Т.**

Фамилия И.О.